

Aulas 3 e 4

CALORIMETRIA

Calor

Energia térmica em trânsito entre corpos a diferentes temperaturas.

Quantidade de calor (Q)

Grandeza por meio da qual avalia-se a energia em trânsito (calor) entre sistemas a diferentes temperaturas.

Unidade do SI: joule (J)

Unidade usual: caloria (cal)

Relação: 1 cal = 4,1868 J

Capacidade térmica (C) de um corpo

Mede numericamente a quantidade de calor que faz variar de 1 °C a temperatura do corpo.

$$C = \frac{Q}{\Delta\theta}$$

Unidade usual: cal/°C

Calor específico (c) de uma substância

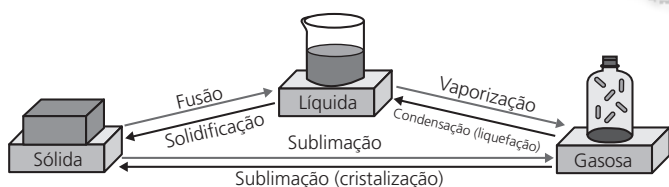
Mede numericamente a quantidade de calor que faz variar em 1 °C a temperatura da massa de 1 g da substância.

$$c = \frac{C}{m}$$

Unidade usual: cal/g · °C

Calor sensível – Produz variação de temperatura e mantém o estado físico constante $Q = mc \cdot \Delta\theta$, em que **m** é a massa, **c** é o calor específico e $\Delta\theta$ é a variação de temperatura.

Mudanças de fase ou de estado de agregação



Calor latente (L)

Numericamente é a quantidade de calor que a substância troca (ganha ou perde), por unidade de massa, durante a mudança de estado, mantendo-se constante a temperatura.

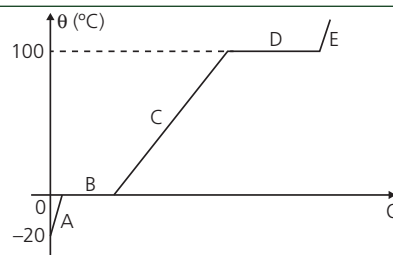
Unidade: cal/g.

Calor latente – Produz mudança de estado e mantém a temperatura constante.

Quantidade de calor trocada durante a mudança de estado pela massa **m** de uma substância:

$$Q = mL$$

Curva de aquecimento



A: aquecimento do gelo.

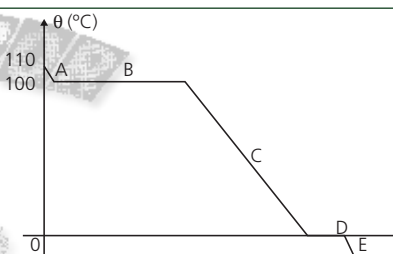
B: fusão do gelo (a 0 °C).

C: aquecimento da água líquida.

D: vaporização da água líquida (a 100 °C).

E: aquecimento do vapor.

Curva de resfriamento



A: resfriamento do vapor.

B: condensação do vapor (a 100 °C).

C: resfriamento da água líquida.

D: solidificação da água (a 0 °C).

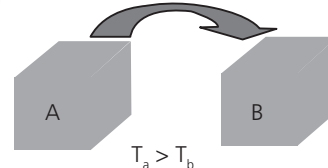
E: resfriamento do gelo.

Princípio geral das trocas de calor

Se dois ou mais corpos trocam calor entre si, a soma algébrica das quantidades de calor trocadas pelos corpos até o estabelecimento do equilíbrio térmico é nula:

$$Q_A + Q_B + Q_C + \dots = 0$$

O corpo A cede calor para B



Para que o estudo de trocas de calor seja realizado com maior precisão, este é realizado dentro de um aparelho chamado calorímetro, que consiste em um recipiente fechado incapaz de trocar calor com o ambiente e com seu interior. Dentro de um calorímetro, os corpos colocados trocam calor até atingir o equilíbrio térmico. Como os corpos não trocam calor com o calorímetro e nem com o meio em que se encontram, toda a energia térmica passa de um corpo ao outro. Como, ao absorver calor $Q > 0$ e ao transmitir calor $Q < 0$, a soma de todas as energias térmicas é nula, ou seja:

$$\sum Q = 0$$

(Lê-se que somatório de todas as quantidades de calor é igual a zero).

Sendo que as quantidades de calor podem ser tanto sensível como latente.



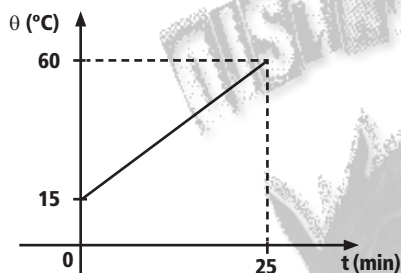
Exercícios

01. (Efomm) Em um dia muito quente, em que a temperatura ambiente era de 30°C , Sr. Aldemir pegou um copo com volume de 194 cm^3 de suco à temperatura ambiente e mergulhou nele dois cubos de gelo de massa 15 g cada. O gelo estava a -4°C e fundiu-se por completo. Supondo que o suco tem o mesmo calor específico e densidade que a água e que a troca de calor ocorra somente entre o gelo e suco, qual a temperatura final do suco do Sr. Aldemir? Assinale a alternativa correta.

Dados: $c_{\text{água}} = 1,0\text{ cal/g} \cdot ^\circ\text{C}$; $c_{\text{gelo}} = 0,5\text{ cal/g} \cdot ^\circ\text{C}$; e $L_{\text{fusão}} = 80\text{ cal/g}$.

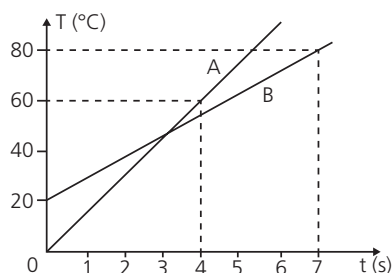
- A) 0°C
 B) 2°C
 C) 12°C
 D) 15°C
 E) 26°C

02. (EsPCEEx) O gráfico a seguir representa a temperatura θ de um bloco de ferro de massa igual a $1,5\text{ kg}$ e calor específico igual a $0,11\text{ cal/g} \cdot ^\circ\text{C}$, em função do tempo (t). A fonte de calor trabalha com uma potência constante e todo o calor por ela liberado é absorvido pelo bloco. Nesse caso, a potência da fonte vale



- A) 297 cal/min
 B) 396 cal/min
 C) 495 cal/min
 D) 660 cal/min
 E) 165 cal/min

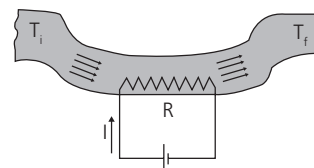
03. (Efomm) Observe a figura a seguir. Dois corpos A e B são aquecidos separadamente por fontes de calor idênticas. A massa do corpo A é 200 g e a do corpo B é 800 g . Analisando o gráfico, que mostra a temperatura do corpo em função do tempo de ação da fonte, verifica-se que o calor específico do corpo A (c_A) e o calor específico do corpo B (c_B) obedecem à relação



- A) $c_B = \frac{3}{16} c_A$
 B) $c_B = \frac{5}{16} c_A$
 C) $c_B = \frac{7}{16} c_A$
 D) $c_B = \frac{9}{16} c_A$
 E) $c_B = \frac{11}{16} c_A$

04. (Escola Naval) Um aquecedor elétrico de fluxo contínuo utiliza uma resistência elétrica $R = 21\text{ ohms}$ para aquecer água da temperatura $T_i = 12^\circ\text{C}$ até a temperatura $T_f = 52^\circ\text{C}$, no estado estacionário (conforme a figura a seguir). O escoamento da massa de água ocorre à taxa de 12 kg/min . Despreze as perdas. A corrente elétrica I (em ampères) que passa na resistência elétrica R é

Dados: $c_{\text{água}} = 1,0\text{ cal/g} \cdot ^\circ\text{C}$; $1\text{ cal} = 4,2\text{ joules}$.



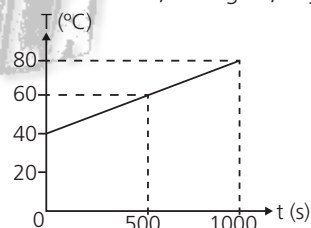
- A) 20
 B) 25
 C) 30
 D) 35
 E) 40

05. (EsPCEEx) Em uma casa moram quatro pessoas que utilizam um sistema de placas coletoras de um aquecedor solar para aquecimento da água. O sistema eleva a temperatura da água de 20°C para 60°C todos os dias. Considere que cada pessoa da casa consome 80 litros de água quente do aquecedor por dia. A situação geográfica em que a casa se encontra faz com que a placa do aquecedor receba por cada metro quadrado a quantidade de $2,016 \cdot 10^8\text{ J}$ de calor do sol em um mês. Sabendo que a eficiência do sistema é de 50% , a área da superfície das placas coletoras para atender à demanda diária de água quente da casa é de

Dados: Considere um mês igual a 30 dias
 Calor específico da água: $c = 4,2\text{ J/g} \cdot ^\circ\text{C}$
 Densidade da água: $d = 1\text{ kg/L}$

- A) $2,0\text{ m}^2$
 B) $4,0\text{ m}^2$
 C) $6,0\text{ m}^2$
 D) $14,0\text{ m}^2$
 E) $16,0\text{ m}^2$

06. (Efomm) No interior de um calorímetro, totalmente preenchido por $0,40\text{ kg}$ de certa substância, há um termômetro e um resistor elétrico, todos inicialmente em equilíbrio térmico, na temperatura de 40°C . No instante $t = 0$, o resistor foi conectado a uma bateria, passando a dissipar 80 watts . A leitura do termômetro permitiu a construção do gráfico da temperatura T da substância em função do tempo t , mostrado na figura. Considerando que toda a energia dissipada pelo resistor é absorvida pela substância, o calor específico da substância, em $\text{J/g} \cdot ^\circ\text{C}$, é igual a

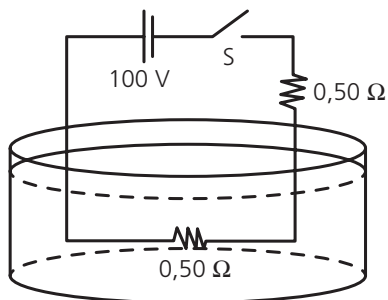


- A) 3,0
 B) 3,5
 C) 4,0
 D) 4,5
 E) 5,0

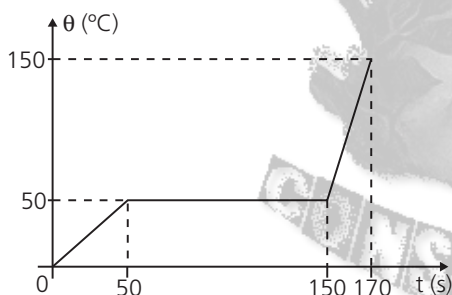
07. (EsPCEEx) Dois blocos metálicos de materiais diferentes e inicialmente à mesma temperatura são aquecidos, absorvem a mesma quantidade de calor e atingem uma mesma temperatura final sem ocorrer mudança de fase. Baseado nessas informações, podemos afirmar que eles possuem o(a) mesmo(a)

- A) densidade.
 B) calor específico.
 C) volume.
 D) capacidade térmica.
 E) massa.

08. Conforme a figura a seguir, um circuito elétrico 100 V S $0,50 \Omega$ dispõe de uma fonte de tensão de 100 V e de dois resistores, cada qual de $0,50 \Omega$. Um resistor encontra-se imerso no recipiente contendo 2,0 kg de água com temperatura inicial de 20°C , calor específico $4,18 \text{ kJ/kg} \cdot ^\circ\text{C}$ e calor latente de vaporização 2230 kJ/kg . Com a chave S fechada, a corrente elétrica do circuito faz com que o resistor imerso dissipe calor, que é integralmente absorvido pela água. Durante o processo, o sistema é isolado termicamente e a temperatura da água permanece sempre homogênea. Mantido o resistor imerso durante todo o processo, o tempo necessário para vaporizar 1,0 kg de água é



- A) 67,0 s
B) 223 s
C) 256 s
D) 446 s
E) 580 s
09. Uma fonte de energia (térmica), de potência constante e igual a 20 cal/s , fornece calor a uma massa sólida de 100 g. O gráfico a seguir mostra a variação de temperatura em função do tempo:



Marque a alternativa correta.

- A) O calor latente de fusão da substância é de 200 cal/g .
B) A temperatura de fusão é de 150°C .
C) O calor específico no estado sólido é de $0,1 \text{ cal/g} \cdot ^\circ\text{C}$.
D) O calor latente de fusão é de 20 cal/g .
E) O calor específico no estado líquido é de $0,4 \text{ cal/g} \cdot ^\circ\text{C}$.
10. (ITA-SP) Um bloco de gelo com 725 g de massa é colocado num calorímetro contendo 2,50 kg de água a uma temperatura de $5,0^\circ\text{C}$, verificando-se um aumento de 64 g na massa desse bloco, uma vez alcançado o equilíbrio térmico. Considere o calor específico da água ($c = 1,0 \text{ cal/g} \cdot ^\circ\text{C}$) o dobro do calor específico do gelo, e o calor latente de fusão do gelo de 80 cal/g . Desconsiderando a capacidade térmica do calorímetro e a troca de calor com o exterior, assinale a temperatura inicial do gelo.
- A) $-191,4^\circ\text{C}$
B) $-48,6^\circ\text{C}$
C) $-34,5^\circ\text{C}$
D) $-24,3^\circ\text{C}$
E) $-14,1^\circ\text{C}$

11. (EsPCEEx) Um cozinheiro necessita preparar 1,5 litro de café com leite a uma temperatura de 42°C . Ele dispõe de 700 mililitros de café a 82°C . Considerando que somente haja troca de calor entre o café e o leite e que ambos tenham o mesmo calor específico e a mesma densidade, para conseguir seu intento, a temperatura inicial do leite que será misturado ao café deve ser de
- A) 62°C
B) 40°C
C) 35°C
D) 11°C
E) 7°C

12. (Efomm) Um marinheiro, desejando aquecer 1 litro de água, que, inicialmente, encontra-se na temperatura de 86°F , usa um aquecedor do tipo "rabo quente" cuja resistência vale 15Ω . Sabendo que a tomada usada está sob tensão de 120 V e que o tempo de aquecimento foi de 4 min, pode-se afirmar que a temperatura final atingida é, na escala Celsius, aproximadamente de
- Obs.:** desprezem-se as perdas e considere $c_{\text{água}} = 1 \text{ cal/g} \cdot ^\circ\text{C}$, $1 \text{ cal} = 4 \text{ J}$ e $d_{\text{água}} = 1 \text{ g/cm}^3$.
- A) 86°
B) 88°
C) 90°
D) 96°
E) 99°

13. (EsPCEEx) Um painel coletor de energia solar é utilizado para aquecer a água de uma residência e todo o sistema tem um rendimento de 60%. Para aumentar a temperatura em $12,0^\circ\text{C}$ de uma massa de água de 1000 kg, a energia solar total coletada no painel deve ser de
- Dado: considere o calor específico da água igual a $4,0 \text{ J/g} \cdot ^\circ\text{C}$.
- A) $2,8 \cdot 10^4 \text{ J}$
B) $4,8 \cdot 10^4 \text{ J}$
C) $8,0 \cdot 10^4 \text{ J}$
D) $4,8 \cdot 10^7 \text{ J}$
E) $8,0 \cdot 10^7 \text{ J}$

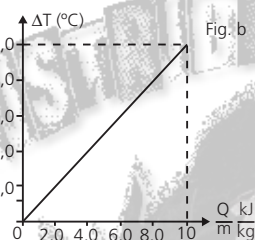
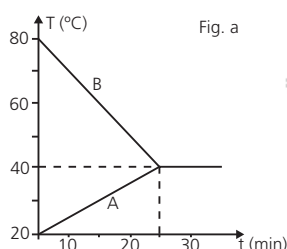
14. Uma lata em paredes verticais e base quadrada com lado igual a 50 cm. Nela existem 25 litros de água à temperatura de 30°C . Quando colocada ao Sol, durante três horas, a água alcança a temperatura final, q , em graus Celsius. A quantidade de calor proveniente do Sol é igual a $2 \text{ cal/cm}^2 \cdot \text{min}$. Supondo que, da energia que chega à água, são aproveitados apenas 50% e que $c_{\text{água}} = 1,0 \text{ cal/g} \cdot ^\circ\text{C}$ e $\rho_{\text{água}} = 1,0 \text{ g/cm}^3$, q , em $^\circ\text{C}$, é
- A) 36
B) 48
C) 54
D) 60

15. (EsPCEEx) Para elevar a temperatura de 200 g de uma certa substância, de calor específico igual a $0,6 \text{ cal/g} \cdot ^\circ\text{C}$, de 20°C para 50°C , será necessário fornecer-lhe uma quantidade de energia igual a
- A) 120 cal
B) 600 cal
C) 900 cal
D) 1800 cal
E) 3600 cal

16. (Efomm) Dois recipientes A e B, termicamente isolados e idênticos, contêm, respectivamente, 2,0 litros e 1,0 litro de água à temperatura inicial de 20 °C. Utilizando, durante 80 segundos, um aquecedor elétrico de potência constante, aquece-se a água do recipiente A até a temperatura de 60 °C. A seguir, transfere-se 1,0 litro de água de A para B, que passa a conter 2,0 litros de água na temperatura T. Esse mesmo volume de água na temperatura t poderá ser obtido apenas com o recipiente A se, a partir das mesmas condições iniciais, utilizássemos o mesmo aquecedor ligado durante um tempo aproximado de

Dado: massa específica da água $m_{H_2O} = 1,0 \text{ kg/L}$.

- A) 15
B) 30
C) 40
17. (Escola Naval) Duas amostras A e B de massa $m_A = 2,0 \text{ kg}$ e $m_B = 4,0 \text{ kg}$ estão a diferentes temperaturas quando, no instante $t = 0$, são colocadas em contato em um recipiente termicamente isolado. O gráfico da **figura a** mostra a temperatura das duas amostras em função do tempo, enquanto o gráfico da **figura b** mostra a variação da temperatura sofrida pela amostra A em função da energia recebida por unidade de massa. Da leitura dos gráficos, qual é a taxa, em quilojoules/minuto, com que o material da amostra B perde calor?



- A) 2,6
B) 3,2
C) 5,6
- D) 6,4
E) 8,4
18. (Efomm) Dois recipientes iguais A e B contêm, respectivamente, 2 litros e 1 litro de água à temperatura de 20 °C. Utilizando um aquecedor elétrico de potência constante e mantendo-o ligado durante 80 segundos, aquece-se a água do recipiente A até a temperatura de 60 °C. A seguir, transfere-se 1 litro de água de A para B, que passa a conter 2 litros de água à temperatura T. Essa mesma situação final, para o recipiente B, poderia ser alcançada colocando-se 2 litros de água a 20 °C em B e, a seguir, ligando-se o mesmo aquecedor elétrico em B, mantendo-o ligado durante um tempo aproximado de
- A) 40 s
B) 60 s
C) 80 s
D) 100 s
E) 120 s
19. (EsPCEX) Um calorímetro contém 240 g de água a 10 °C e dentro dele são colocados 120 g de um metal a 130 °C. Supondo que só ocorra troca de calor entre a água e o metal, a temperatura final de equilíbrio do sistema água e metal, em °C, será de

Dados: Calor específico da água = 1,00 cal/g °C
Calor específico do metal = 0,40 cal/g °C

- A) 22,2
B) 30,0
C) 36,0
D) 32,8
E) 40,1

20. (Efomm) Retiramos alguns cubos de gelo do freezer a - 20 °C e os colocamos em um recipiente contendo 1 litro de água a 20 °C. A temperatura final da mistura atingiu 0 °C. Nestas condições, quantas calorias foram perdidas pela água para que o equilíbrio térmico fosse atingido?

Dados: 1 cal $\cong$ 4 J

$c_{\text{água}} = 4,200 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$

$\rho_{\text{água}} = 103 \text{ kg/m}^3$

$L_{\text{gelo}} = 340 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$

- A) 10,5 kcal
B) 42,0 kcal
C) 336 kcal
- D) 84 kcal
E) 20 kcal

21. (Efomm) Em relação ao enunciado da questão anterior informa-se ainda que foram retirados apenas 4 cubos de gelo e que cada um tem mais ou menos 54 g de massa. Quantas calorias, então, foram necessárias para fundir todo o gelo?

- A) 73,4 kcal
B) 16,0 kcal
C) 18,4 kcal
- D) 2,5 kcal
E) 84,5 kcal

22. (AFA) Com base nos processos de transmissão de calor, analise as proposições a seguir.

- I. A serragem é melhor isolante térmico do que a madeira, da qual foi retirada, porque entre as partículas de madeira da serragem existe ar, que é um isolante térmico melhor que a madeira;
II. Se a superfície de um lago estiver congelada, a maior temperatura que a camada de água do fundo poderá atingir é 2 °C;
III. O interior de uma estufa de plantas é mais quente que o exterior, porque a energia solar que atravessa o vidro na forma de raios infravermelhos é parcialmente absorvida pelas plantas e demais corpos presentes e depois emitida por eles na forma de raios ultravioleta que não atravessam o vidro, aquecendo assim o interior da estufa;
IV. Durante o dia, sob as túnicas claras que refletem boa parte da energia do Sol, os beduínos no deserto usam roupa de lã, para minimizar as trocas de calor com o ambiente.

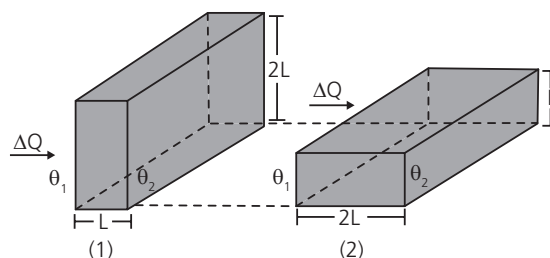
São verdadeiras apenas as proposições

- A) I e II
B) I e IV
- C) II e III
D) III e IV

23. (Efomm) As garrafas térmicas são frascos de paredes duplas entre as quais é feito vácuo. As faces dessas paredes que estão frente a frente são prateadas. O vácuo entre as paredes tem a função de evitar

- A) somente a condução.
B) somente a irradiação.
C) a condução e a convecção.
D) somente a convecção.
E) a condução e a irradiação.

24. (AFA-SP) Suponha que uma determinada quantidade de calor ΔQ flua, em regime estacionário, através de uma barra de uma superfície mantida à temperatura θ_1 , para a superfície oposta mantida à temperatura θ_2 , nas situações (1) e (2), a seguir ilustradas:



A mesma quantidade de calor ΔQ gasta tempos Δt_1 e Δt_2 para atravessar a barra nas situações (1) e (2), respectivamente.

A razão $\frac{\Delta t_2}{\Delta t_1}$ vale

- A) 4
B) $\frac{1}{2}$
C) 2
D) $\frac{1}{4}$
25. Uma bala de chumbo deslocando-se com velocidade v , colide com uma placa de aço e para. Se a colisão é totalmente inelástica e a placa de aço permanece à temperatura inicial, calcule o valor mínimo da velocidade v para que a bala seja totalmente liquefeita.
- Considere os dados:**
 $\theta_0 = 30^\circ\text{C}$ (temperatura da bala e da placa, imediatamente antes da colisão)
 $\theta = 330^\circ\text{C}$ (temperatura de fusão do chumbo)
 $c = 120 \text{ J/kg}^\circ\text{C}$ (calor específico do chumbo)
 $L = 28800 \text{ J/kg}$ (calor latente de fusão do chumbo)
- A) 300 m/s
B) 320 m/s
C) 360 m/s
D) 380 m/s
E) 400 m/s
26. Ana, em sua casa de praia, deseja ferver 2 litros de água em uma chaleira de alumínio de 500 g, ambos na temperatura ambiente de 25°C . No entanto, seu botijão de gás natural possui apenas 1% da sua capacidade total. Considerando a perda de calor para o meio ambiente de 35%, a quantidade de gás disponível é
- Considere: densidade da água = 1 g/cm^3
 - Calor específico da água = $1,0 \text{ cal/g}^\circ\text{C}$
 - Calor específico do alumínio = $0,2 \text{ cal/g}^\circ\text{C}$
 - Capacidade total do botijão = 13 kg ou 31 litros
 - Calor de combustão do gás natural = 12000 kcal/kg
- A) suficiente, afinal ela necessita de aproximadamente 10 gramas.
B) suficiente, afinal ela necessita de aproximadamente 20 gramas.
C) suficiente, afinal ela necessita de aproximadamente 30 gramas.
D) insuficiente, já que ela precisa de 200 gramas.
E) insuficiente, já que ela precisa de 300 gramas.
27. Em um tipo particular de fogão, somente $2/5$ da energia liberada na queima do combustível são utilizados para aquecer a água em uma panela sobre ele. Calcule quantos gramas de combustível devem ser queimados nesse fogão para aquecer 1 kg de água desde 20°C até 100°C e fazer a sua vaporização. Considere que cada grama do combustível utilizado libera uma quantidade de energia de 2 kcal.
- A) 225 g
B) 775 g
C) 845 g
D) 900 g
E) 1050 g
28. (EsPCEx) A utilização do termômetro, para a avaliação da temperatura de um determinado corpo, é possível porque, após algum tempo de contato entre eles, ambos adquirem a mesma temperatura. Nesse caso, é válido dizer que eles atingem o(a)
- A) equilíbrio térmico.
B) ponto de condensação.
C) coeficiente de dilatação máximo.
D) mesma capacidade térmica.
E) mesmo calor específico.

29. Quando são misturados 40 g de água a 10°C e 360 g de gelo a -30°C , qual é a temperatura final de equilíbrio térmico? Suponha que o gelo e a água não troquem calor com o recipiente nem com o meio externo. O calor latente de fusão do gelo é 80 cal/g , o calor específico do gelo é $0,5 \text{ cal/g}^\circ\text{C}$ e o calor específico da água é $1,0 \text{ cal/g}^\circ\text{C}$.

- A) -6°C
B) -9°C
C) -12°C
D) 9°C
E) 12°C

30. Um aquecedor elétrico é mergulhado em um recipiente com água a 10°C e, cinco minutos depois, a água começa a ferver a 100°C . Se o aquecedor não for desligado, toda a água irá evaporar e o aquecedor será danificado. Considerando o momento em que a água começa a ferver, a evaporação de toda a água ocorrerá em um intervalo de, aproximadamente,

Dados: Calor específico da água = $1,0 \text{ cal/(g}^\circ\text{C)}$

Calor de vaporização da água = 540 cal/g

Desconsidere perdas de calor para o recipiente, para o ambiente e para o próprio aquecedor.

- A) 5 minutos.
B) 10 minutos.
C) 12 minutos.
D) 15 minutos.
E) 30 minutos.

Gabarito

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
D	A	C	E	E	E	D	E	D	B
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
E	B	E	B	E	C	B	A	B	E
21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
C	B	C	A	C	B	B	A	B	E